國際菌根研討會報告

⊙文／吳繼光
農試所農化系

一、參加會議經過

此次國際菌根研討會係由西澳州大學所主辦。共有二十八個國家，近三百人參加。大會主席爲該大學土壤及植物營養系主任Dr. Lyn Abbott。我國共有二位學者參加，除本人外，尙有台大園藝系教授張喜寧博士。張博士邀以〝囊叢枝內生菌根在園藝學上之應用〞爲題在大會發表演說。我則以兩篇壁報在大會上展出；一篇爲*Glomus globiferum*的產孢研究，另一爲臺灣產繡球菌目(三)*Sclerocystis*屬的修訂。

大會開始的前一天下午爲註册時間，並於稍後有歡迎酒會。各國學者，在酒會上彼此介紹，讓大家有個初步的認識。大會地點分別在兩個建築物舉行。綜合性論文宣讀，在西澳州大學的藝術系舉行。另壁報展示與午餐地點，則設在該校代表性建築物鐘樓的Undercroft。大會共進行五天。前兩天講題偏重於菌根的基礎研究方面，如菌根的生態，菌根的一般生理現象，及菌根菌的種類與分類等；第三天大會安排田間試驗參觀。本活動分兩組，一組前往外生菌根試驗林地參觀，另一組則前往澳洲大學所進行的人生菌根試驗地點參觀，外生菌根試驗地點即位於一鋁礦場。澳州政府規定，當礦場開採結束後，應將原地點恢復舊觀，包括原有林木在內。因此該礦場與西澳州大學訂有合作計畫。藉由外生菌根菌來接種苗木，以達育苗造林的目地。本人與張教授則加入後者這一組。西澳州的土壤並不肥沃，沙質土中經常夾雜著2－3公分的石礫。每當下雨過後，土壤中的養份很容易流失。不但對農作物的生長不利，同時亦對當地的水源造成污染。當地的氣候亦十分特殊，在夏季氣溫可高達攝氏40－45度。由於天乾物燥，當地的森林經常引起火災。由於上述的種種環境因素，該地區經數千萬年來，已演化出當地特有的生物。這些生物大多數仰賴菌根菌的共生方式存在，且有許植物的種子，需經高溫的刺激方得發芽生長。在這樣特殊的生態環境下，與當地有大量地下生菌類的產生，可能間接有關係。無怪乎，澳州的學者十分熱衷於菌根的研究。會議進行的第四天，講題著重於菌根菌在野外的實際應用，以及在應用上所面臨的一些問題。會議的最後一天是報告有關於菌根菌遺傳方面的進步情形以及下午所做的結論。此外，每天

的中午自十二時至下午三時爲壁報展出時段。學者們一邊享用大會所準備的便當，一邊看著近兩百篇的壁報，並與作者們討論。現場一片和諧，且學術氣息濃厚值得吾人學習。

二、與會心得

就整體來說，本次大會所提供的訊息雖沒有讓所有與會的學者們感到滿意，但五天來的議程，確實也提供了與會學者們對於目前全世界菌根方面的研究，有一通盤而客觀的瞭解。此次大會上，美中不足的地方在於西澳州大學本身在菌根方面的研究並沒有很突出的表現，但他們卻囊括了好幾個講題。內容所及，大多涉及他們在澳州所做的研究，並未廣含世界各國目前所做的成果。

在本次大會上，菌根的微生物生態，囊叢枝內生菌根菌的大量產孢以供田間之用，以及基因工程技術(molecular engineering)在菌根菌方面的研究，是與會學者們最感興趣的主題。由於與會者皆有共識到，菌根菌何以在溫室或人爲控制的環境下，有良好的表現。但不一定在田間試驗上有相對的成效。其問題的癥結，在於吾人對於(1)菌根菌與根圈微生物間的相互作用，(2)菌根菌與宿主間的親合性，以及(3)菌根菌的基本生物學的認知仍十分有限的緣故。雖然吾人已知土壤中的*Pseudomonas fluorescens*有助於外生菌根的合成，並有所謂的MHB(mycorrhiza-helperbacteria)之說，以及地底下的一些哺乳類動物有助於菌根孢子的傳播等，但菌根菌的微生物生態所知仍極有限，極待吾人的積極參與。宿主對於菌根菌的親合性，在遺傳上有差異。有的宿主對於同種菌根菌依賴性極高，有的則不然。因此，透過遺傳育種的方法，可以篩得到菌根菌依賴性高的品種，將此宿主移植於田間，配合以適當的菌根接種源，確可收到施肥而產量高的效果。菌根菌的品種的選擇，亦是一重要的考慮因素。不同的菌種，其所需的生長條件亦不同。例如有些*Acaulospora spp.*，則偏好於酸性的土壤；有些*Glomusspp.*，則偏好於中性或微鹼性的土壤。

菌根菌對於作物生長的效益是不容置疑的；但要廣泛施用於田間以成爲一種微生物肥料，或是一種土壤改良劑，其中的主要障礙之一，乃在於如何以最經濟的方法，來大量生產接種源(inoculum)，亦即外生菌根的菌絲或內生菌根的孢子。外生菌根方面，目前在澳州已有公司大量生產。他們將 *Laccaria laccata, Descolea maculata, Setchelliogaster sp., Pisolithus tinctorius, Hebeloma westraliense* 的菌絲，包裹在圓形的膠質體內(Hydrogel bead)。據聞他們已在嚐試研製松茸(matsutake)的接種源。目前，紐西蘭已與大陸合作在紐西蘭試種matsutake。若紐西蘭試驗成功，他們每年可大量外銷日本，賺取外匯。因爲紐西蘭盛產matsutake的季節正是日本生產matsutake最少的時候。在內生菌根菌方面，日本已有一家石油公司(出光興產株式會社)投資生產農業用接種源。他們是利用可擴張性黏土(expandable clay)當攜帶者(carrier)。此種化合物具有海綿狀的孔隙，可將孢子吸附。此外利用根器培養法在培養皿上大量培養菌根孢子，已非夢想。目前在美國及加拿大已發展出此項技術。他們先以*Agrobacterium rhizogenes*誘導紅蘿菠塊產根，然後將不定根切下，放置於白氏培養基上(White's medium)，當作菌根菌的宿主。培養基內的蔗糖及培養皿內的二氧化碳濃度，對於產孢與否有其關鍵性的影

響。此外，根分泌物flavonoid的濃度及種類，亦是影響菌根合成的重要因素之一。當問及產孢數量的問題時，加拿大的Dr. Piche並不正面回答；但指出*Glomus intraradiceus*可以在單一培養皿上，產孢達3000個以上。目前加拿大方面，已成功無菌培養*G. intraradiceus* 和 *Gigaspora margarita*兩種。但此種無菌培養的技術經與會的Dr. Sylvia評估，若要將此技術應用於大量生產囊叢枝內生菌根菌孢子，以供應農民需要，至少在目前可能還不合經濟原則；因為此技術的發展尚未臻健全，對於其它菌種的培養仍有待努力。但若要應用此技術於生理、遺傳及基因工程方面的研究，則未嘗不是一種新的突破。目前在大量生產囊叢枝內生菌根菌孢子方面，較可行的方法，還是在於以氣霧式無土栽培 (hydroponic/aeroponic system)較為可行。菌根菌先行於盆栽內感染宿主後，再移植於氣霧式培養箱內。經一至二個月後，孢子已長滿根的表面或內部。經採收後的根部，以機械攪碎後並拌以沙土即可冷藏或直接供應農民使用。

在基因工程方面的研究，法國的Dr. Martin以電擊穿孔(electroporation)和顯微鏡加速撞擊機(Microbombardment)等方法，將外來DNA，轉移入菌絲內，來研究改良外生菌根的菌種。此外，利用PCR所生產的DNA marker，亦可用來篩選優良外生菌根菌及區分同種但不同strain的品種。

三、建議

由於菌根菌在生物性肥料上具有其經濟上的潛力，因此對於如何將其有效地應用於田間農作物或林木的生長，一直是各國學者們努力的目標。由此次與會學者們所提出的研究報告裡，可以看出菌根菌微生物生態的獲得重視；同時也印證研究人員嘗試將菌根菌實用化的苦心。土壤微生物生態是一群複雜的生物與環境的組合，有賴於微生物學與土壤學者們的群策群力。對於土壤微生物生態的了解，將有助於未來的土壤病害的生物防治，或微生物肥料的開發研究。

此外，如何將囊叢枝內生菌根菌，大量生產來做為微生物肥料，亦是值得微生物學者們努力的目標。由於，目前成功繁殖於氣霧式培養箱的種類，僅限於*Glomus deserticola, G. introradeceus, G. etunicatum*等，若對於其它菌種的人工培養能獲致成果，則對於微生物肥料的資材保存，及未來微生物肥料的開發，將較其它國家領先，且有更多成功的機會。由於不同的菌種，各有其生長所需的特殊生理條件。在施用囊叢枝內生菌根菌於田間土壤時，宜考慮該田土壤內早已存在的種類，亦或選擇適合該田土壤環境的菌種。例如，田土為酸性土壤時，宜選用適酸性的菌種如*Acaulosporal laevis*等。由於宿主對同一種菌根菌的依賴性不一致，對於此種遺傳上的差異特性，我國的農藝方面的專家，亦可考慮藉由育種的方法來培育對菌根菌依賴性強的品種。如此不但可以增強菌根菌接種成功的機會，亦可減少施肥量並可達到降低成本的目的。

此次與會的若干亞洲國家，如中華民國、大陸地區、孟加拉、印度、韓國、日本、印尼等，對於成立亞洲菌根菌種中心頗有興趣。並提議於下一屆亞洲菌根大會(將於1994年在印尼舉行)上討論。該菌種中心的主要任務，在於收集亞洲地區的菌種，並對各菌做有系統的研究，包括系統分類、菌種繁殖、生理特性、微生物生態等。這樣的機構可能以財團法人的方式成立；同時資金亦將由各參與國分擔。這項機構期能結合亞洲各國的研究人力及物力，來共同開發內生菌根菌，使之早日成為實用性的微生物肥料。